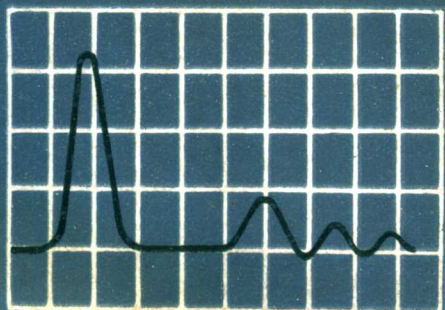


贾玉明 编著



线路障碍脉冲测试器

修订本

XIANLU ZHANGAI

MAICHONG CESHIQI

人民邮电出版社

线路障碍脉冲测试器

(修 订 本)

贾 玉 明 编 著

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 提 要

本书以通俗易懂的方法,结合MST型脉冲测试器的具体电路来讲解线路障碍脉冲测试器的基本原理,着重从物理概念上作了较详细的分析。对仪器故障的检修,总结了比较全面的经验方法。书中附有MST型测试器的全部电路图和有关技术资料、数据。

书中还对如何实现数字显示,如何解决铁线线路障碍的测试问题,提供了可行的方案。并对新产品UGS-1型数字式明线障碍测试仪作了简要的介绍。

在每章的后面附有习题和思考题,最后还有习题答案。

在附录中,提供了对732型脉冲测试器的检修方法和有关技术数据。

本书可供具有初中以上文化水平的从事载波维护,线路工作者和维修线路障碍脉冲测试器的技术人员和工人阅读参考。

线路障碍脉冲测试器

(修订本)

贾玉明 编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/32 1982年10月 第 二 版

印张: 7 4/32 页数: 114 1982年10月河北第2次印刷

字数: 159千字 插页: 1 印数11,101—27,400 册

统一书号: 15045·总2349—有5142

定价: 0.62 元

修 订 说 明

本书出版后，部分省邮电中等专业学校选作补充教材，各省在办线路测试训练班时采用这本书作为教材的也比较多，许多老师针对教学中的难点，来信提出了一些意见。1979年邮电部在四川举办全国长途线路测试训练班，笔者曾利用本书讲课，在授课过程中学员们也反映了一些问题。对于这些问题，曾在“电信技术”杂志上陆续地作了一些讲解和答复，现在加以整理，对本书的初版作了比较多的补充和修订。

此外为了配合职工教育，供各地办训练班和中专学校选用为教材或补充教材，本书在每章的后面增加了习题和思考题，书的最后附有部分习题答案，便于读者自学参考。

1980年武汉电子仪器厂在原MST型脉冲测试器的基础上，又研制出了UGS-1型数字式明线障碍测试仪，从而又将我国的线路测试技术，向前推进了一步。为了使读者对新仪器能有所了解，在修订本书时，增加了UGS-1型数字式明线故障测试仪的简单介绍。

武汉电子仪器厂的工程师谭必温同志以及邹汉泉、吴志坚、陈绍仟等同志对本书的修订，提供了许多宝贵的资料和意见，在此表示衷心地感谢。

贾 玉 明

1981年10月于北京

前 言

线路障碍脉冲测试器，是测试通信线路和电力线路障碍的仪器。它利用电磁波反射的原理，能迅速、准确地测试出障碍地点。人们都称它为线路测试的“雷达”，是保证通信畅通，提高通信质量不可缺少的仪器设备。

MST型线路故障脉冲遥测仪，是国产的一种线路障碍脉冲测试器。它的技术性能较全，准确度较高，在我国通信系统和电力系统中，得到广泛应用。

这个仪器在结构上较普通仪表复杂些，为了能正确使用和维修这种仪器，需要有较详细的资料；尤其是维护检修，就更需要对这种仪器的结构原理有较为透彻的了解和具有一定的有关知识。

笔者过去在从事线路测试工作中，积累了一点经验和体会，结合仪器的结构，比较详细地分析了它的工作原理、使用 and 维修方法，供同志们在工作中参考。

本书的初稿曾在黑龙江省邮电学校和长春邮电学校等单位讲过几次，征求了学员和老师们的意见，在这个基础上作了进一步的修改；在编写中，力求通俗易懂，联系实际应用。由于个人水平所限，仍然可能有错误之处，希望读者给予批评指正。

生产这种仪器的武汉电子仪器厂，对本书的编写给了很大的支持，黑龙江省邮电学校王永江老师，对书稿进行了全面审校，在此，一并表示感谢。

贾 玉 明

一九七八年十二月于北京

目 录

修订说明	
前言	
第一章 概述	(1)
第一节 一个有趣的故事的启发	(1)
第二节 脉冲的概念	(3)
一、什么是脉冲	(3)
二、脉冲参数	(4)
三、脉冲电路的特点	(5)
第三节 线路的传输特性	(6)
一、线路的一次参数及其等效电路	(6)
二、线路的特性阻抗	(7)
三、反射现象	(11)
四、反射系数	(12)
五、线路发生各种障碍时的反射系数	(13)
第四节 脉冲测试器的基本原理	(15)
一、测试障碍的原理和计算公式	(15)
二、脉冲测试器是怎样看出障碍点的?	(16)
第五节 脉冲测试器的参数	(21)
一、发射脉冲频率	(21)
二、发射脉冲宽度	(22)
三、发射脉冲幅度	(24)
四、脉冲测试器的灵敏度	(24)
本章习题与思考题	(25)
第二章 脉冲测试器的结构原理	(27)

第一节 组成部分	(27)
第二节 各部分的作用原理	(30)
一、主控振荡器	(30)
二、分频器	(30)
三、发送延迟电路	(31)
四、发射脉冲形成电路	(32)
五、单双线转换电路	(32)
六、接收放大器	(33)
七、刻度脉冲产生器	(33)
八、扫描延迟电路	(34)
九、扫描讯号发生器	(35)
十、显示器	(37)
十一、电源电路	(39)
第三节 各部分的控制关系	(39)
一、主控振荡器与扫描系统的关系	(39)
二、分频器输出为负方波时各部分的控制关系	(41)
三、分频器输出为正方波时各部分的控制关系	(42)
四、分频器与最远测试距离的关系	(44)
第四节 仪器的技术性能	(45)
本章习题与思考题	(47)
第三章 脉冲测试器的使用	(49)
第一节 仪器的操作方法	(49)
一、使用前的准备工作	(49)
二、粗测	(50)
三、精测	(51)
第二节 标准记录的制作	(53)
一、为什么要作标准记录	(53)
二、标准记录的制作方法和步骤	(55)

三、计算时应注意的问题	(56)
四、标准记录的使用	(57)
第三节 使用中的注意事项	(57)
第四节 使用经验	(60)
一、近距离障碍测试方法	(60)
二、怎样解决接地障碍的测试问题	(61)
三、标尺换算表	(63)
本章习题与思考题	(65)
第四章 电路分析	(66)
第一节 主控振荡器	(66)
一、间歇振荡器的工作过程	(67)
二、关于市电同步问题	(70)
第二节 分频器	(73)
一、双稳态触发电路	(73)
二、阴极输出器	(74)
第三节 发送延迟电路	(76)
一、密勒积分电路	(76)
二、微分电路	(79)
三、削波放大器	(80)
第四节 发射脉冲形成电路	(80)
一、闸流管特性	(81)
二、指数形脉冲形成过程	(82)
三、方形脉冲形成过程	(83)
四、匹配电路	(84)
五、单双线转换电路	(85)
第五节 接收放大器	(86)
一、高频补偿	(87)
二、低频补偿	(88)

三、增益调节	(89)
四、开关电路	(89)
第六节 刻度脉冲产生器	(90)
一、三点振荡器	(90)
二、冲击振荡器	(93)
三、放大器	(94)
四、他激间歇振荡器	(94)
第七节 扫描延迟电路	(97)
一、单稳态电路	(97)
二、微分电路和削波放大器	(102)
第八节 扫描讯号发生器	(103)
一、方波产生器	(103)
二、密勒积分电路	(104)
三、倒相电路	(105)
第九节 显示器	(108)
第十节 电源电路	(109)
一、A型机电源电路	(109)
二、B型机电源电路	(111)
本章习题与思考题	(117)
第五章 MST型脉冲测试器的检修方法	(119)
第一节 怎样压缩障碍范围	(119)
第二节 仪器已经调乱了怎么办	(121)
第三节 常见的障碍现象、原因及查找方法	(123)
本章思考题	(139)
第六章 MST型脉冲测试器的改进	(140)
第一节 MST型脉冲测试器存在的问题	(140)
第二节 如何实现数字显示	(142)
第三节 改用数字显示需要增加的电路	(146)

第四节	用集成电路的改制方案	(151)
第五节	如何解决铁线的脉冲测试问题	(154)
	本章思考题	(158)
第七章	UGS-1型数字式明线故障测试仪	(159)
第一节	概述	(159)
第二节	性能指标和方框图	(160)
第三节	各单元的作用	(162)
第四节	面板控制机构的作用	(164)
第五节	仪器的使用方法	(165)
	本章思考题	(169)
附录一	MST型线障脉冲测试仪器的技术数据及参考资料	(170)
	一、总电路图	(170)
	二、元件表	(171)
	三、高频线圈及变压器数据	(183)
	四、电源变压器绕制数据	(185)
	五、电子管各极对地电压数据	(185)
	六、元件位置排列	(190)
附录二	732型线障脉冲测试仪器的检修方法与参考数据	(198)
	一、电压测试和调整	(200)
	二、分级调测	(201)
	三、全机调试	(204)
	四、其它试验	(206)
	五、仪器故障的排除办法	(206)
	六、电子管各极电压参考数据	(210)
	七、各电容点电压参考数据	(211)
	八、732型线障脉冲测试仪元件表	(211)
	习题答案	(214)

第一章 概 述

第一节 一个有趣的故事的启发

在一百七十多年以前就有人曾想发现，蝙蝠能在黑暗中飞行，而不会与障碍物相撞，这到底是什么东西在黑暗中帮助蝙蝠判断方向？于是蒙上蝙蝠的眼睛，把它放在一个黑暗的屋子里，并在房间的四面装上挂有小铃的铁丝网。蝙蝠在里面飞了一个多钟头，结果发现它仍然能巧妙地绕过障碍物进行飞翔，没有一次碰到铁丝网，小铃总是沉默无声，最后，蝙蝠还机警地穿过壁上的一个洞而飞了出去。

后来又用漆涂在蝙蝠身上，使蝙蝠失去了皮肤上的感觉，蝙蝠仍然能在屋子中飞行而不与铁丝网相撞。以后又对蝙蝠的每个感觉器官采取措施，直至塞住了它的耳朵，蝙蝠飞翔时，挂的铃响了，说明这时蝙蝠失去辨明障碍物的能力了。显然，蝙蝠是靠听觉才避开路上所遇到的障碍物的。但是蝙蝠听到的是什么声音呢？声音又是怎样帮助蝙蝠辨别方向的呢？当时没有能够解决这个问题。

后来又把蝙蝠的咀堵起来了，结果发现和塞住了它的耳朵一样，屋里的铃子响了起来。经过反复试验，发现蝙蝠在黑暗中飞行，能够避开障碍物的原因是蝙蝠咀里能发出人类所听不见的超声波（25—70千赫），而它自己能听见这种超声波从障碍物反射回来的声音。蝙蝠发出的这种超声波是间断的，在飞出以前每秒钟约10次，在飞行中约每秒30次，在靠近障碍物时

约每秒60次。蝙蝠在发出叫喊声的同时，在它的耳朵中还有一个器官能将听觉堵塞，而当叫喊停止等待回声时，又将听觉打开，因而能巧妙地区别发送的和反射的声音。蝙蝠发出的一连串的叫喊被反射回来，这就能够帮助蝙蝠辨别障碍物，当与障碍物的距离越近时，回声返回越快，而蝙蝠叫喊越频繁。根据回声反射回来的时间，蝙蝠就会判断出自己到障碍物之间的距离。

蝙蝠发出超声波是非常短促的狭窄波束，能传送得很远，并能从细小的障碍物，甚至一根金属丝或一圈导线反射回来。因而蝙蝠能在有许多障碍物之间飞行，并能正确地测定障碍物的方向和位置（见图1—1）。

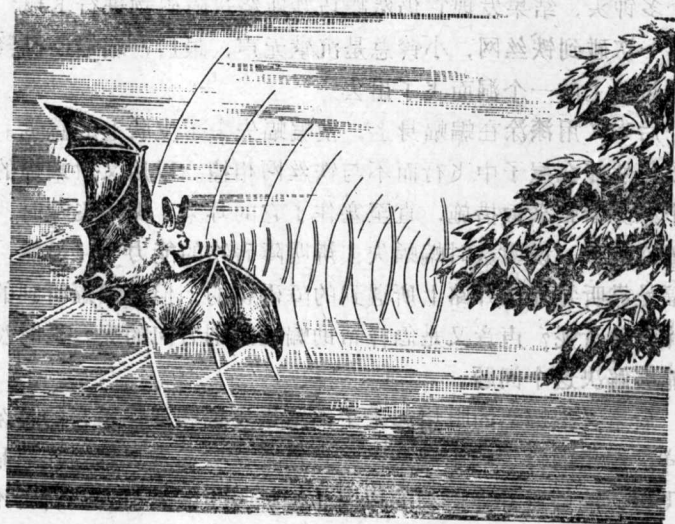


图 1-1 蝙蝠的飞行

在日常生活中，如果我们面对高墙或高山喊出一声短促的声音，过一段时间就会听到回音。记下从发出声音到听到回音

的时间，就可以测得人和高墙或高山之间的距离。这就是说可以利用反射波的原理测量距离，用短促的脉冲，可以使测试准确。

脉冲测试器测试线路障碍地点的方法，就象蝙蝠利用超声波探测障碍物的方法一样，所不同的是，蝙蝠是利用超声波反射的原理，脉冲测试器是利用电磁波在传输线上的反射原理。

测试时，由脉冲测试器发出一个非常短促的试探脉冲，送到线路上，当发射脉冲在传输线上遇到故障点时便产生反射。脉冲测试器把反射脉冲接收下来，根据发射脉冲和收到反射脉冲的时间间隔就可以判断出障碍的距离，根据反射脉冲的波形还可以判断出障碍的性质是断线还是混线。这样，障碍点的距离和性质就可以通过仪器的指示器（示波管）显示出来了。因此，使用脉冲测试器能迅速而又准确地测试线路障碍。

电磁波在空气中传播的速度，近似于光速 3×10^8 公里/秒，在架空铜线上的传播速度为 288×10^3 公里/秒。既然速度是已知的，那么，只要测出电磁波往返的时间，距离就可以求出来了。

第二节 脉冲的概念

脉冲测试器是利用电的脉冲信号来测试线路障碍的，因此先要了解一下什么是脉冲。

一、什么是脉冲

脉冲这个词，顾名思义，就象人的脉搏一样，是短促和脉动的意思。所谓电压或电流脉冲，是指作用时间短促的电压或电流。如图1—2(a)、(b)、(c)所示。



图 1-2 各种脉冲波形

从图1—2中看出，脉冲是一种持续时间短，休止时间长（也就是重复周期比持续时间长得多）的信号。

后来随着大量新波形的使用，脉冲可以泛指不连续的波形，这个称呼也包括持续时间并不是很短的不连续波形，如图1—3中的(a)、(b)、(c)、(d)、(e)所示。

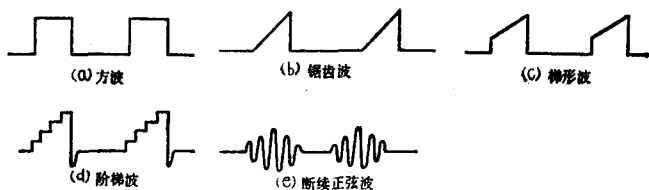


图 1-3 各种持续时间较长的波形

尽管脉冲的波形多种多样，但它们都有一个共同的特点，这就是整个波形都是由若干的暂态过程段所组成的。为了获得这种暂态过程，电路通常必须包含两个部分。一个是开关电路，用以接通或断开电路，改变电路的稳态，使之产生暂态过程，常用的开关元件有电子管、闸流管和晶体管等；另一个是惰性电路，可以影响暂态过程的快慢和脉冲的形状。惰性电路可以用电容 C 、电感 L 和仿真线等惰性元件组成。

二、脉 冲 参 数

脉冲的主要参数有六个，如图1—4所示。

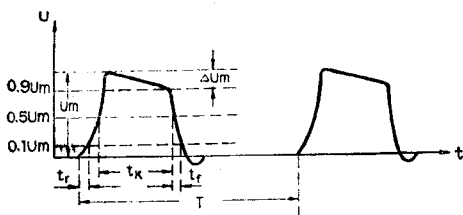


图 1-4 脉冲参数

图中： t_r —脉冲前沿时间。是指从脉冲幅度 U_m 的零值或 $0.1U_m$ 开始变化（或上升）到 $0.9U_m$ 的时间。脉冲前沿时间，也称脉冲上升时间，从图1—4中可见， t_r 越小，表明脉冲上升时间越快，脉冲的前沿就越陡。

t_f —脉冲的后沿时间。是指从脉冲幅度 $0.9U_m$ 变化（或称下降）到 $0.1U_m$ 的时间。

t_K —脉冲宽度。即脉冲出现后所持续的时间，统称为脉冲宽度。但在实际应用中，又常分为脉冲底部宽度和顶部宽度。脉冲底部宽度是指脉冲幅度在 $0.1U_m$ 处的宽度，脉冲顶部宽度是指脉冲幅度在 $0.9U_m$ 处的宽度。这里的 t_K 是表示脉冲的平均宽度，就是当脉冲在幅度的50%（即 $0.5U_m$ ）处的宽度。

U_m —脉冲幅度。

ΔU_m —平顶降落。常以其对脉冲幅度 U_m 比值的百分数表示。

T —脉冲周期。两个相邻的脉冲重复出现所相隔的时间，称为脉冲周期。 T 越小，在单位时间内脉冲出现的次数就越多，周期 T 的倒数称为脉冲的重复频率，即 $f = \frac{1}{T}$ 。

三、脉冲电路的特点

1. 一般正弦振荡器输出的都是持续较长的信号，输出波

形可以用三个参数（周期、相位和振幅）来表示，而脉冲发生器产生的是持续时间与重复频率周期相比短得多的脉冲信号，脉冲信号需有上面谈到的六个参数来表示。

2. 脉冲发生器与正弦振荡器的结构相差很大。正弦振荡器是依靠 RC 、 LC 选频作用及正反馈产生振荡。但脉冲发生器是利用强的正反馈和电容器或电感器等储能元件的充放电形成脉冲。

脉冲发生器是希望获得含有丰富的谐波的脉冲信号，这正是正弦振荡器中所要竭力避免的。此外，脉冲发生器中的延迟线、限幅、形成电路等，都是正弦振荡器所没有的。

3. 由于脉冲信号含有丰富的谐波，所以要求有关的放大器是宽频带的，而且对各元件及部件位置安排的要求比较一般正弦放大器高。例如，输入部份的分布电容，寄生耦合，都要加以严格的控制。

第三节 线路的传输特性

一、线路的一次参数及其等效电路

通信线路通常由两个相互平行的导体所组成，它存在着分布电阻(R)、电感(L)、电容(C)和电导(G)。这四个分布参数

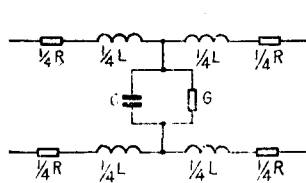


图 1-5 线路一次参数的等效电路

称为线路的一次参数。理想的均匀线路，这四个参数在线路的任意点上都是相等的。从网络理论可知，均匀线路可以等效为由许多单节集中参数的四端网络连接而成的电路，如图

1—5所示。

从图中看出，均匀线的特点是，顺线的参数 R 与 L （与线条本身的线质、线径有关），它们是串联的，构成合成阻抗：

$$Z = R + j\omega L \quad (1-1)$$

横截的参数 C 与 G （与两线间的介质和距离有关），它们是并联的，构成合成导纳：

$$Y = G + j\omega C \quad (1-2)$$

当信号电流通过每一段线路上串联的电阻 R 和电感 L 时，就会产生电压降；信号电流在每一段线路上还会通过存在两线条间的电容 C 和电导 G ，从中途返回发送端。因此，沿线路上传送的电压将越来越低，电流也将越来越小。这就是受到线路的衰耗所造成的，如果使 $R = 0$ ， $G = 0$ 则线路就成为无损耗的，但实际的线路并不存在这种情况。

二、线路的特性阻抗

为了便于说明线路的特性阻抗，我们可以从简单的四端网络的匹配谈起。

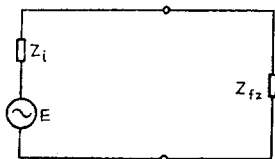


图1-6 简单的电路

首先看一下图1—6所示的简单电路。从电路计算知道，当负载电阻 Z_{Lz} 和电源内阻 Z_i 相等（例如都是600欧）时，负载所得到的功率为最大，这种

工作状态叫做“匹配”。如果负载电阻为其它值，则它所得到的功率将变小，也就是处于“失配”状态。

现在我们来看一个简单的纯电阻的对称 T 型四端网络，如图1—7(a)所示。如果在其输出端2-2'侧接上600 Ω 负载电阻 Z_{Lz} ，当我们从左边输入端1-1'侧看进去时，其输入电阻为：